

Список использованных источников

1. Головенчик, Г. Г. Цифровая экономика: учеб.-метод. комплекс [Электронный ресурс] / Г. Г. Головенчик. – Минск: БГУ, 2020. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/273472>. – Дата доступа: 10.11.2023.
2. iMetos 3.3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metos.at/ru/imetos33/>. – Дата доступа: 10.11.2023.

УДК 674.09

Д.В. Божко, О.К. Леонович
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАСКРОЮ И НОРМИРОВАНИЮ ЛЕСОПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯП PYTHON ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПАНЕЛЕЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Рассмотрена эффективность использования программно-технологического подхода по расчету поставок и нормирования расходов пиломатериалов при помощи высокоуровневого языка программирования Python для деревянных строительных панелей и конструкций.

D.V. Bozhko, O.K. Leonovich
Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

SOFTWARE-TECHNOLOGICAL APPROACH TO CUTTING AND RATIONING OF FOREST PRODUCTS USING PYTHON FOR WOODEN BUILDING PANELS AND STRUCTURES

Abstract. The effectiveness of using a software-technological approach to calculating supplies and rationing the costs of lumber products using the high-level Python programming language for wooden building panels and structures is considered.

Рациональное использование природных ресурсов - важный фактор экономического успеха современных предприятий. В значительной степени это относится и к лесопильным предприятиям, наиболее характерным для лесопромышленного комплекса Беларуси.

Обострение конкуренции среди промышленных предприятий и необходимость снижения себестоимости производимой продукции требуют повышения эффективности производства, более рационального использования имеющихся в его распоряжении финансовых и материальных средств и ресурсов, повышения производительности труда за счет повышения качества и гибкости планирования производства, его реструктуризации и модернизации, освоения новых рынков сбыта и как следствие, создание более совершенной и конкурентоспособной продукции.

В значительной степени данные проблемы проявляются в лесопильной и деревообрабатывающей промышленности, в частности, при производстве пиломатериалов для деревянных строительных панелей и конструкций.

Программно-технологический подход к данным задач позволяет получить экономический эффект в форме уменьшения времени на составления поставок на 15-20%, повысить оперативность и качество планирования и управления производственными процессами.

В связи с тем, что на производство поступают бревна различных диаметров, а получаемая продукция делится по сортам и размерам, задача расчетов поставок включает определение размеров и количества досок в соответствии со схемой раскроя бревна. При выработке перечня заказов на пиломатериалы неизбежны значительные потери и отходы древесины. Теоретически полезный выход обрезных досок для диаметров бревен от 10 до 40 см составляет от 45 до 64%.

Алгоритм реализации программно-технологического подхода. Можно выделить следующие основные этапы решения задачи: • постановка (формулировка) задачи; • построение модели, выбор метода решения задачи; • разработка алгоритма; • проверка правильности алгоритма; • реализация алгоритма; • анализ алгоритма и его сложности; • отладка программы, обнаружение, локализация и устранение возможных ошибок; • получение результата; • составление документации.

Алгоритм МНК имеет модель $y = f(\beta_1, \dots, \beta_n; x)$, имеющая n параметров, которые настраиваются так, чтобы минимизировать:

$$\sum_{i=1}^N (y' - y_i)^2 = \sum_{i=1}^N r_i^2 \quad (1)$$

где y'_i - i -наблюдение.

В линейном МНК у нас есть t уравнений, каждое из которых мы можем представить как линейное уравнение:

$$x_i\beta_1 + x_i\beta_2 + \dots + x_i\beta_n = y_i \quad (2)$$

В качестве исследуемых функций были использованы линейные уравнения вида $y=ax+b$. Система исследуемых таблиц:

$$\begin{cases} ax_0 + b = y_0 \\ \dots \\ ax_i + b = y_i \end{cases} \quad (3)$$

Эту систему уравнения можно записать в следующем виде:

$$a \begin{bmatrix} x_0 \\ \dots \\ x_i \end{bmatrix} + b \begin{bmatrix} 1 \\ \dots \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ \dots \\ y_i \end{bmatrix} \quad (4)$$

Дальше найти решение, которое меньше всего отклонится от заданных равенств. Давайте назовём вектор (x_0, \dots, x_i) вектором i , $(1, 1, 1)$ вектором j , а (y_0, \dots, y) вектором b :

$$a\vec{i} + \beta\vec{j} = \vec{b} \quad (5)$$

В нашем случае векторы i, j, b трёхмерны, следовательно, решения этой системы не существует. Любой вектор лежит в плоскости, натянутой на векторы (i, j) . Если b не принадлежит этой плоскости, то решения не существует (равенства в уравнении не достичь). Давайте обозначим через $e(a, \beta)$ насколько именно мы не достигли равенства:

$$\vec{e}(a, b) = a\vec{i} + \beta\vec{j} - b \quad (6)$$

И будем минимизировать эту ошибку:

$$\min_{a, \beta} \|\vec{e}(a, \beta)\|^2 \quad (7)$$

Очевидно, что ошибка минимизируется, когда вектор e ортогонален плоскости, натянутой на векторы i и j (рис. 1).

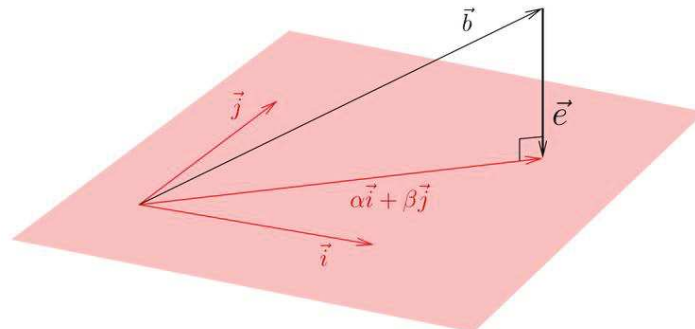


Рис. 1 – Иллюстрация метода МНК

Иными словами: мы ищем такую прямую, что сумма квадратов длин расстояний от всех точек до этой прямой минимальна.

Имея данный вектор b и плоскость, натянутую на столбцы-векторы матрицы A (в данном случае $((x_0, \dots, x_i)$ и $(1, 1, 1)$), мы ищем вектор e с минимум квадрата длины. Очевидно, что минимум достигим только для вектора e , ортогонального плоскости, натянутой на столбцы-векторы матрицы A :

$$\begin{bmatrix} x_0 & \dots & x_i \\ 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \left(a \begin{bmatrix} x_0 \\ \dots \\ x_i \end{bmatrix} + \beta \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} y_0 \\ \dots \\ y_i \end{bmatrix} \right) = 0 \quad (8)$$

Иначе говоря, мы ищем такой вектор $x=(a, \beta)$, что:

$$A^T A \vec{x} = A^T \vec{b} \quad (9)$$

Зная, что этот вектор $x=(a, \beta)$ является минимумом квадратичной функции (8) можно получить:

$$\|\vec{e}(a, \beta)\|^2 = \vec{x}^T (A^T A \vec{x} - A^T \vec{b}) \quad (10)$$

Для линейного МНК решение единственно. Существуют мощные методы, такие как QR декомпозиция, SVD декомпозиция, способные найти решение для линейного МНК за 1 приближённое решение матричного уравнения $A_x = b$.

Результаты аппроксимации были получены на основе 540 значений, рассчитанных таблично-аналитическим методом (таблица 1), так же полная таблица значений будет представлена в приложении А. В качестве иллюстрации представлен график одной из полученных функций.

Таблица 1 - Результаты аппроксимации

№	Диаметр бревна, мм	Толщина досок, мм							Коэффициент детерминации
		40	32	25	22	19	16	13	
1	14	-	-	32	40	46	53	60	0,912
2	16	-	32	47	53	60	66	73	0.916
3	18	32	42	56	64	68	74	82	0.992
4	20	42	54	70	74	80	86	94	0.921
5	22	52	66	80	86	92	98	106	0.935
...
19	50	206	224	240	246	252	260	-	0.987

Сравнительная оценка программно-технологического подхода приведены в таблице 2. Результаты, полученные экспериментальным путем, создание поставов на основе учебного эксперимента, сравнительная таблица представлена на рис. 2.

Таблица 2 – Сравнительная таблица учебного постава и составленный с помощью программно-технологического модуля

№ поставы	Ошибка заполнения, %		Объемный выход, %		Сравнительная оценка, %
	Учебный	Программный	Учебный	Программный	
1	2	3	4	5	6
1	4,2	4,4	69,2	69,2	100
2	6.3	7.9	64,2	65,7	97,7
3	7.9	7.1	61,9	61.9	100
4	8.1	8.2	65,2	65,2	100
5	6.7	6.2	59,9	60,1	96,66
...
20	6.6	6.9	62,6	62,3	98,2



Рис. 2 – Диаграмма результатов оценки составления поставов

Таким образом программно-технологический подход, для расчета оптимального раскроя круглых лесоматериалов, позволяющий производить расчет поставов и варьировать результатами расчета, в результате чего на выходе получается оптимальный план раскроя бревен, нормирования сырья пиломатериалов и баланса древесины. Данный подход позволит увеличить выход пиломатериалов и сократить время на составления раскроя и нормирование расходов лесопроизводства для деревянных строительных панелей и конструкций.

Список использованных источников

1. Канторович Л. В., Залгаллер В. А. Рациональный раскрой промышленных материалов. Новосибирск: Наука. 1972. 300 с.
2. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений.: Пер. с англ. М.: Издательский дом "Вильямс", 2006 г, 544 с.
3. Фримен, Э., Фримен, Э., Сьерра, К., Бейтс, Б. Паттерны проектирования. СПб.: Питер, 2012.г, 656 с.
4. Kostenko V. A. Scheduling algorithms for real-time computing systems admitting simulation models // Programming and Computer Software. 2013. Т. 39. Вып. 5. С. 255-267.
5. Kostenko V. A., Vinokurov A. V. Locally optimal algorithms for designing schedules based on Hopfield networks // Programming and Computer Software. 2003. Т. 29. Вып. 4. С. 199-209.